

Непрерывно перестраиваемый одночастотный диодный лазер на длину волны ~ 1.52 мкм для целей газоанализа

А.В.Гладышев, М.И.Беловолов, С.А.Васильев, В.П.Дураев, О.И.Медведков, А.И.Надеждинский, Е.Т.Неделин, Я.Я.Понуровский

Создан одночастотный непрерывно перестраиваемый диодный лазер с гибридным резонатором на волоконной брэгговской решетке (гибридный лазер) для регистрации линии поглощения аммиака. Впервые в гибридных лазерах достигнут диапазон непрерывной перестройки частоты генерации, равный 40 ГГц (1.33 см^{-1}) при мощности генерации 5 мВт, степени подавления боковых мод более 20 дБ и ширине линии $\Delta\nu \leq 15 \text{ МГц}$ (0.0005 см^{-1}).

Ключевые слова: диодный лазер, волоконная решетка, непрерывная перестройка, газоанализ.

В последние годы ведутся интенсивные исследования инжекционных лазеров с волоконной брэгговской решеткой (ВБР) во внешнем резонаторе (гибридных лазеров), позволившие решить проблему изготовления компактных лазерных модулей с волоконным выходом [1, 2]. Основной целью этих исследований является получение динамически одночастотного режима со стабильным спектральным положением длины волны генерации [3, 4]. Для достижения этой цели стремятся использовать ВБР с узким ($1 - 3 \text{ \AA}$) спектром отражения и подавить добротность собственного резонатора лазерного диода (ЛД), просветляя его переднюю грань до достижения коэффициента отражения $R = 10^{-3} - 10^{-4}$. При этом диапазон непрерывной перестройки гибридных лазеров составляет всего 100–200 МГц [5].

В работе [6] нами был предложен новый подход к созданию гибридных лазеров, позволяющий получить одночастотный режим генерации с возможностью непрерывной перестройки частоты током накачки более чем на 30 ГГц. Это позволяет применять гибридные лазеры в молекулярной спектроскопии, в системах датчиков для регистрации различных газов, в системах мониторинга окружающей среды и различных волоконных интерферометрических датчиках. Данный подход заключается в использовании ВБР с широким ($3 - 10 \text{ \AA}$) спектром отражения и полупроводниковых лазерных чипов с плоским резонатором типа Фабри–Перо, передняя грань которого просветлена до остаточного коэффициента отражения $R = 0.01 - 0.02$. В настоящей работе этот подход использован для создания одночастотного, широко перестраиваемого лазера, предназначенного для регистрации аммиака. Анализ пороговых условий динамически одночастотного режима генерации в лазере избранной кон-

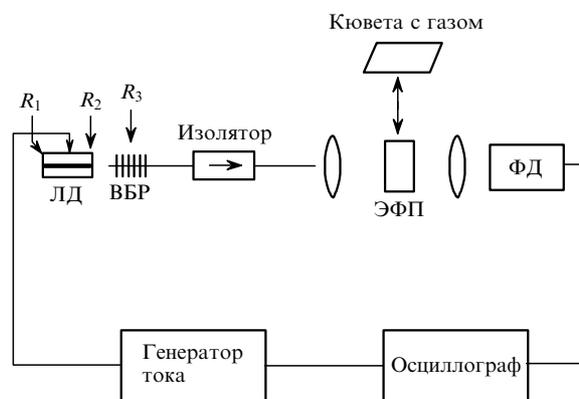


Рис.1. Схема экспериментальной установки для исследований непрерывной перестройки созданных в данной работе гибридных лазеров.

струкции показал, что оптимальные значения коэффициента отражения R лежат в указанном диапазоне ($0.01 - 0.02$), благодаря чему и сохраняется возможность перестройки током инжекции длины волны генерации в пределах спектральной линии ВБР при смещении низкодобротных резонансов мод Фабри–Перо собственного резонатора ЛД.

Для исследования перестроечных характеристик лазеров использовалась установка, схема которой представлена на рис.1. Лазерный диод на основе InGaAsP/InP на длину волны $\lambda = 1.52$ мкм с длиной собственного резонатора 350 мкм был установлен на холодильнике Пельтье. Коэффициенты отражения задней (R_1) и передней (R_2) граней диода составляли 0.4 и 0.02 соответственно. Эффективность ввода излучения в волокно с ВБР была равна $\sim 30\%$, а оптическая длина гибридного резонатора – примерно 3 мм. Порог генерации лазерного модуля с волоконной решеткой в составе резонатора достигал 50 мА.

Излучение с волоконного выхода гибридного лазера пропускалось через оптический изолятор, после чего коллимировалось микрообъективом и пропускалось через эталон Фабри–Перо (ЭФП) с областью свободной дисперсии 5 ГГц. Затем излучение собиралось на фотоприемник, сигнал с которого наблюдался на осциллографе.

А.В.Гладышев, М.И.Беловолов, С.А.Васильев, О.И.Медведков. Научный центр волоконной оптики при Институте общей физики им. А.М.Прохорова РАН, Россия, 119991 Москва, ул. Вавилова, 38; e-mail: alexglad@fo.gpi.ru

А.И.Надеждинский, Я.Я.Понуровский. Центр естественно-научных исследований при Институте общей физики им. А.М.Прохорова РАН, Россия, 119991, Москва, ул.Вавилова, 38

В.П.Дураев, Е.Т.Неделин. АОЗТ «Нолатек», Россия, 117342 Москва, ул. Введенского, 3

Поступила в редакцию 22 ноября 2004 г.

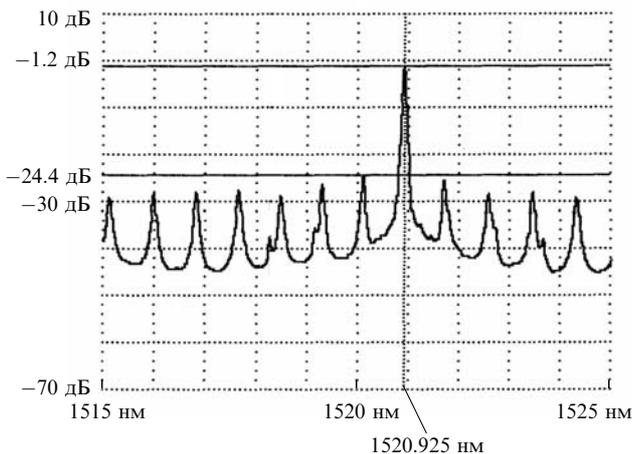


Рис.2. Характерный спектр генерации гибридного лазера при $R_1 = 0.4$, $R_2 = 0.02$, $R_3 = 0.13$, $\Delta\lambda_{\text{FBG}} = 3.5 \text{ \AA}$ (снимок с экрана).

Сканирование частоты лазера осуществлялось за счет питания ЛД импульсом тока пилообразной формы со скоростью нарастания 20 мА/мс. Для наблюдения линии поглощения эталон Фабри–Перо заменялся кюветой с чистым аммиаком под давлением ~ 150 Тор при комнатной температуре. Длина кюветы составляла 50 см. При регистрации спектров генерации излучение с волоконного выхода лазера подавалось непосредственно на оптический анализатор спектра MS96A (Anritsu) с разрешением $\delta\lambda = 1 \text{ \AA}$.

В эксперименте использовались несколько ВБР, различающихся коэффициентом отражения ($R = 0.1 - 0.5$). Ширина спектра отражения волоконных решеток на полувысоте $\Delta\lambda_{\text{FBG}}$ составляла 3.5 \AA , а брэгговская длина волны была равна 1522.5 нм и совпадала с одной из интенсивных линий поглощения аммиака с точностью 0.1 \AA (различие между приведенной длиной волны и указанной на рис.2 (1520.925 нм) связано с калибровкой приборов, на которых эти данные были получены). Стыковка волоконной решетки с лазерным чипом приводила к возникновению одночастотного режима генерации (рис.2) с мощностью генерации 1–5 мВт и степенью подавления боковых мод 20–35 дБ (в зависимости от коэффициента отражения используемой ВБР). При этом измерения ширины линии генерации $\delta\nu_g$ с помощью конфокального резонатора показали, что $\delta\nu_g \leq 15$ МГц.

На рис.3 показан контур линии поглощения аммиака, экспериментально полученный с помощью гибридного лазера, при создании которого применялась волоконная решетка с коэффициентом отражения $R = 0.13$ и шириной спектра отражения на полувысоте $\Delta\lambda_{\text{FBG}} = 3.5 \text{ \AA}$. Тут

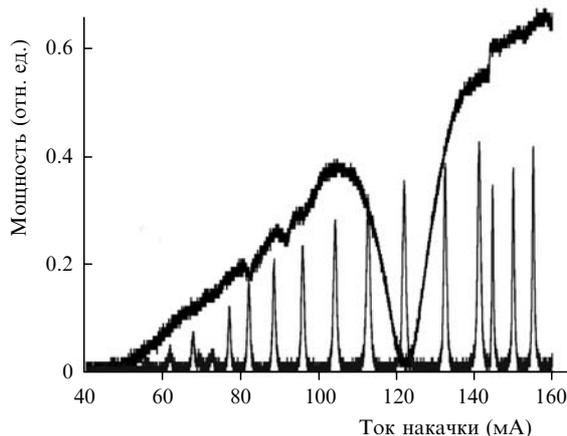


Рис.3. Экспериментально наблюдаемая линия поглощения аммиака ($P = 150$ Тор, $T = 300$ К) и пики пропускания эталона Фабри–Перо (область свободной дисперсии равна 5 ГГц).

же представлены пики пропускания эталона Фабри–Перо, из которых видно, что диапазон непрерывной перестройки равен 40 ГГц (1.3 см^{-1}). Диапазон непрерывной перестройки по току составил ~ 70 мА, а скорость перестройки $d\nu/dJ_p \approx 0.5$ ГГц/мА. Полученные значения параметров диапазона и скорости перестройки частоты генерации сравнимы с аналогичными параметрами для РОС-лазеров.

Таким образом, созданные гибридные лазеры имеют узкие линии генерации и достаточно широкий для регистрации отдельных линий поглощения газов диапазон непрерывной перестройки. Гибридные лазеры могут изготавливаться со спектроскопически точной центральной длиной волны генерации, и эти обстоятельства открывают перспективы их широкого применения при регистрации любых газов с линиями поглощения в области прозрачности волоконных световодов (0.7–1.7 мкм). Они являются простой и дешевой альтернативой используемым сейчас РОС-лазерам.

1. Дураев В.П., Неделин Е.Т., Недобывайло Т.П., Сумароков М.А., Шишков В.В. *Квантовая электроника*, **25** (4), 301 (1998).
2. Дураев В.П., Неделин Е.Т., Недобывайло Т.П., Сумароков М.А., Климов К.И. *Квантовая электроника*, **31** (6), 529 (2001).
3. Campbell R.J., Armitage J.R., Sherlock G., Williams D.L., Payne R., Robertson M., Wyatt R. *Electron. Lett.*, **32**, 119 (1996).
4. Sykes V. J. *Lightwave*, March, 130 (2001).
5. Belovolov M.I., Gladyshev A.V., Duraev V.P., Nedelin E.T., Zykov-Mizin K.A. *Proc. SPIE Int. Soc. Opt. Eng.*, **5381**, 20 (2004).
6. Gladyshev A.V., Belovolov M.I., Vasiliev S.A., Dianov E.M., Medvedkov O.I., Nadezhdinskii A.I., Ershov O.V., Beresin A.G., Duraev V.P., Nedelin E.T. *Spectrochim. Acta A*, **60** (14), 3337 (2004).